

九州大学工学部 正員 山内豊聡

三省建設(株) 正員○阿南 公幸

九州大学工学部 吉田 豊

1. まえがき 軟弱地盤中に締固めた砂ぐいを打設して、支持力を与えるとともに地下の抑制を計るサンドコンパクションパイル工法が、軟弱地盤改良工法の一つになっている。昨今、砂不足に対応するとともに、廃材利用の促進という時代の要請から、サンドコンパクションパイルの砂を、転炉さいで代替えることが考えられる。この研究は、転炉さいを用いたサンドコンパクションパイル工法の実用性を推進するとともに、その設計に必要な諸数値を提示することを目的として行なった。

2. 過去の調査研究 溶鉱炉さいでも、高炉さいは主として路盤材料として、事実、高い等価換算係数が得られるため、かなり以前から十分実用に供せられてきている。しかし転炉さいは、その膨張性ゆえに路盤に用いるにはまだ問題が多い。転炉さいの膨張率は、一例として1%程度である。しかし、水さいまたは石灰を混和剤として添加するときは、膨張がかなり押えられるばかりでなく、強度も増加する。このように、転炉さいを路盤材料に用いるには性質の調整が複雑になるため、目下のところ、前述のように軟弱地盤改良に粒状材料として利用する方向に調査研究が進められているのが実情である。

3. 使用した転炉さいの性質 この研究で使用した転炉さいは、住友金属小倉製鉄所から供給されるもので、その物理的性質と締固め特性は表-1、2に示すとおりであった。化学成分については、転炉さいにおいてCaOが、水さいにおいてSiO₂がもっとも多量に含まれていることが両者の大きな相違点であるが、その影響や生かし方については、まだ今後研究すべきことが多い。

4. 室内実験 転炉さいを砂の代替えとして、サンドコンパクションパイルとして利用するさい、設計上問題にされるのは、それが現場でいくらの内部摩擦角 ϕ になるか、またこの ϕ の値と標準貫入試験によるN値とどのような関係をもつかということである。そこでこの研究は、1.4m×1.4mの断面積で、深さ1.0mのコンクリート製ボックスのなかに転炉さいを打設して、乾燥密度 γ_d とN値の関係を調べる一方、締固め供試体について、通常の三軸圧縮試験(UU試験)を行なって、 γ_d と ϕ の関係を見出して、 γ_d 、N、 ϕ の相互関係を求めることを行なった。前記ボックス内の転炉さいの密度は、通常の砂置換法によって行なった。三軸試験に供する締固め供試体は、現場で地下水面以下に打設されることを考えて、週1回24時間水浸養生した。それら3種の値を、転炉さいの ϕ の場合についてとりまとめたのが図-1であり、 γ_d の増大にともなってN値と ϕ が増大することが示されたが、この図は、時間の経過に伴う固結作用を無視する場合、すなわち、打設直後の数値を推定するために、そのまま実用上役立つデータである。

5. 現場実験 転炉さいならびにそれに水さいを添加したくいをを用いた軟弱地盤改良の現場実験は北九州市新門司の埋立地で行なわれたが、くいの配列などを示したのが図-2である。この実験におけるそれら2種のくいの深さ方向のN値の分布状態は、図-3に示すように、月のオーダーでの時間経過に伴って固結が顕著である

表-1 試料の物理的性質

種 類	粒子比重	$D_{10}^{(mm)}$	$D_{50}^{(mm)}$	均等係数 D_{60}/D_{30}
転炉さい	3.56	1.3	0.2	6.5
水さい(粉砕)	2.55	—	—	—
水さい(そのまゝ)	2.11	—	—	—
普通砂	2.69	1.0	0.3	3.3

表-2 試料の締固め特性

種 類	$\bar{\gamma}_d \cdot \max (\text{g/cm}^3)$	w _{opt} (%)	$\bar{\gamma}_d \cdot \min (\text{g/cm}^3)$
転炉さい	2.13	7.0	2.00
水さい	1.03	39.0	0.52

ことが分った。1年経過後は、乾炉さいの計のくいで上方から2/3程度の深さまで、乾炉さいに水さいを加えたものでは、その全深さにわたって50を超えるN値になっている。N値との関係は図-1のうに併記した。この現場実験では、普通砂とチップによるくい試験も行なったが、その深さ方向のN値の分布は図-4に示すとおりであった。このくいでは、もちろん、日数の経過に伴う固結効果は現れない。

6. 軟弱地盤改良工法としての設計計算 現在、軟弱地盤改良を目的としたサンドコンパクションパイル工法の設計計算¹⁾は、砂柱と原軟弱土からなる複合地盤として、本研究で求めたようなφを初め、置換率 (A_s/A ; A_s : 複合地盤面積, A_s : 砂柱の断面積), 応力分担比 ($=\sigma_s/\sigma_c$, σ_s , σ_c : それぞれ砂柱および粘土部分の発生応力), 粘土の一軸圧縮強さ q_u , その仮定した増加分 Δq_u を用いて、複合地盤の円弧すべりに関するせん断抵抗に着目した安全率の大きさを検討することによって行なわれている。したがって、前掲の図-1の室内実験から得られたφの値を q_u にもとづいて選定し、また応力分担比を仮定すれば、打設直後の支持力計算が可能となる。しかし、現場実験から明らかにされたような固結性を設計にとり入れようとする場合には、材料の固化に伴うφの増加だけでなく粘着力値が大きく付加されるので、計算は複雑になる。

7. 結び 乾炉さいおよびそれに水さいを加えた場合のコンパクションパイルの性質、とくに乾炉さいのφの値を初めて提示したことは、この材料の軟弱地盤改良のためのこの材料の実用性を一歩進めたものと考えなが、それに水さいを添加した場合の数値の提示と、長期強度をとり入れた設計計算表については今後継続研究しなければならない研究課題として残されている。この研究は、著者の一人阿南が昭和49年度受託研究員(4月~9月)として行ない、助手の松田滋代、小倉敏化(株)の横塚博氏に多大な援助をうけたことを付記し深甚の謝意を表したい。

文献 1) 不動建設(株)研究室編: コンポーザーシステムのための設計マニュアル, 昭.46.1.

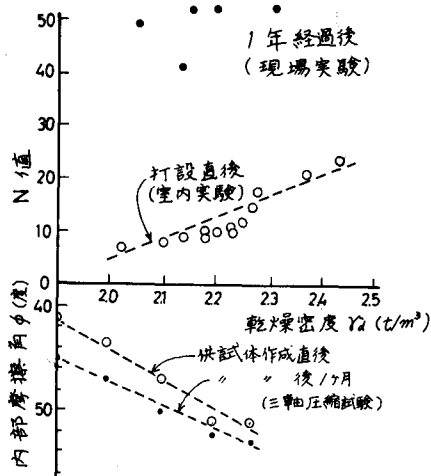


図-1 乾炉さいにおける γ_d -φ-N 関係

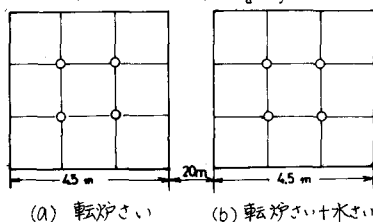


図-2 現場実験における乾炉さい および 乾炉さい+水さいのくいの配置図

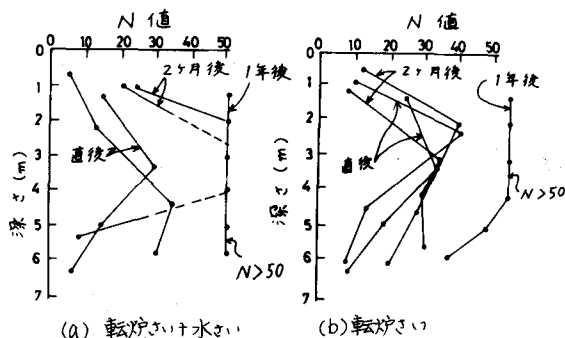


図-3 乾炉さいおよび乾炉さい+水さいのくいの深さ方向の N 値分布状態

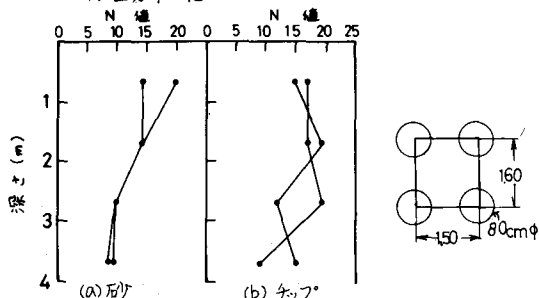


図-4 砂柱およびチップ柱の深さ方向の N 値の分布状態